

シルクフィブロイン多孔質シートを用いたスキンケア材料

Silk Fibroin Sponge Sheet for Skin Care

小林 一穂 Kazutoshi Kobayashi 角 直祐 Naosuke Sumi

新事業本部 筑波総合研究所 未来技術開発センタ

1 概要

絹糸は独特な光沢や風合いを有することから衣料用素材として、また高強度で生体適合性に優れることから手術用縫合糸として長く使用されてきた。最近、絹糸を構成するタンパク質の一種であるシルクフィブロインを用いたフィルム、粉体や多孔質体の利用が検討されている¹⁾。多孔質体作製に関していくつか報告はあるが、強度が不十分で実用化に至っていない²⁾。当社はシルクフィブロイン多孔質体(以下、多孔質シートと表記)の作製技術を検討し、タンパク質由来多孔質体シートとしては引張強度が高いシート素材の開発に成功した³⁾。当社開発品である多孔質シートは、絹本来の優しい触感を維持し、吸水性、保水性や密着性に優れることから、スキンケア材料としての活用を提案している。以下、開発品の特長、開発経緯、技術内容について述べる。

Silk yarn has been used as fabric on account of inimitable shininess and texture, and also as surgical suture on account of high strength and bio-compatibility. By using fibroin protein that is the main constituent of silk, the utilization as the film, the powder, and the sponge is considered. There were some reports how to form the sponge, but the strength of the sponge was insufficient. Therefore, the sponge has not been implemented yet. We have examined how to make the high-strength sponge, and have succeeded in getting the sheet form of the high-strength sponge using the fibroin protein. We propose our sponge sheet as skin care materials, because our developed sponge sheet maintains the good feeling of silk itself, and has the high water absorbency, the high water holding property, and the high adherence.

2 開発品の特長

- ・天然シルクフィブロインのみで構成され、柔らかで優しい感触を実現
- ・細胞毒性試験、皮膚感作性試験、ヒトパッチテストなどの安全性試験を実施し、生体に対する高い安全性を確認
- ・フェイスマスクなどに多用されているコットン不織布と比較して、吸水性、保水性、密着性、透明性に優れるスキンケア材料の提供

3 開発の経緯

環境、安全、健康といった昨今の消費行動の変化に適合するライフサイエンス関連製品の開発を目的に、天然由来材料として蚕が産生するシルクフィブロインに注目し、当社で開発に着手した。図1にフィブロイン原料から得られるさまざまな製品形態を示す。本報告では、これら製品形態の中でも多孔質体について述べる。

タンパク質から作製可能な多孔質体としてはコラーゲンが知られているが、スキンケア材料としては強度が不十分である。シルクフィブロイン多孔質体は、コラーゲン多孔質体と比較した場合には高強度であるが、スキンケア材料としては強度が不十分であった。当社は独立行政法人農業生物資源研究所の多孔質体作製技術¹⁾を改良し、スキンケア材料として使用可能な高強度多孔質体を開発した。



図1 フィブロインから得られる様々な製品形態
Figure 1 Various fibroin product forms

4 技術内容

表1に多孔質シートの特性を示す。図2は走査電子顕微鏡で観察した多孔質シートの内部構造を示す。多孔質体を作製する条件を変えることによって表1に記載の範囲内で、孔径や空孔率などの構造、引張弾性率や圧縮硬さなどの機械特性を任意に制御可能である。

フェイスマスクとして多用されているコットンスパンレース不織布(以下、不織布と表記)を対照材料として選択して、スキンケア材料に求められる特性を評価した。多孔質シートと不織布の表面を光学顕微鏡で観察すると、多孔質シート表面は不織布表面と比較して毛羽立ちがなく平滑であり、この表面構造の違いから多孔質シートの優しい触感が生まれる。図3は多孔質シートと不織布を5分間吸水させた時の自重に対する吸水率を示す。多孔質シートは自重の約15倍程度、不織布と比較すると約2倍の高い吸水性を示す。この吸水性の違いは素材と構造の違いによると推測する。図4は吸水した多孔質シートと不織布を人肌に接触後、離す時に必要な応力を測定した結果である。多孔質シートの方が不織布と比較して約1.8倍程度密着が強いことが分かる。この結果は、不織布と比較した場合に多孔質シートの方が肌の凹凸に追従し密着性が良いことを示している。図5は吸水した多孔質シートと不織布を30秒間空气中に保持した際に、基材に保持された水分がどの程度垂れ落ちるかを測定した結果である。この結果は、例えば多孔質シートをフェイスマスク基材として使用した場合、化粧液が垂れ落ちることなく快適に装着できることを示している。図6は吸水した多孔質シートと不織布を日本人肌標準色プレート上に乗せた際の基準色プレートとの色差を示す。色差が小さいほど透明であり、逆に大きいと不透明である。本結果は、多孔質シートは不織布と比較して保水時に透明感があり装着時の違和感を軽減できることを示す。

表1 フィブロイン多孔質シートの特性

Table 1 Characteristics of the fibroin sponge sheet

項目	特性
25%圧縮硬さ	2-400 kPa
引張弾性率	0.01 kPa-10 MPa
孔径	1-300 μm
空孔率	50-98%体積比
耐熱性	150℃以上
耐溶剤性	安定

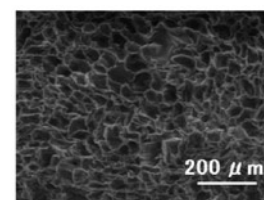


図2 フィブロイン多孔質シートのSEM画像

Figure 2 SEM image of the fibroin sponge sheet

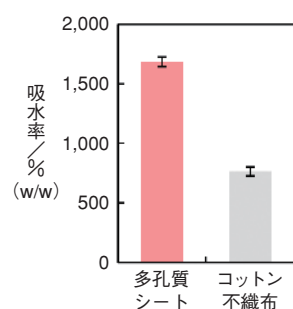


図3 フィブロイン多孔質シートとコットン不織布の吸水率の比較

Figure 3 Comparison of the water absorption ratio between the fibroin sponge sheet and the nonwoven cotton fabric

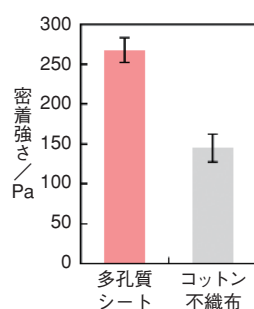


図4 フィブロイン多孔質シートとコットン不織布の肌に対する密着強さの比較

Figure 4 Comparison of the adherence strength to the skin between the fibroin sponge sheet and the nonwoven cotton fabric

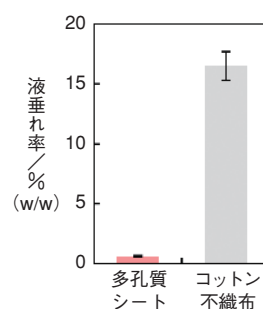


図5 フィブロイン多孔質シートとコットン不織布の液垂れ率の比較

Figure 5 Comparison of the liquid sagging ratio between the fibroin sponge sheet and the nonwoven cotton fabric

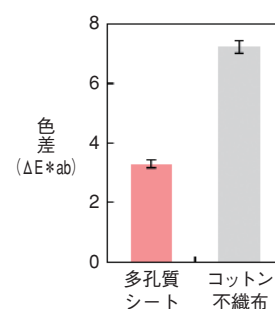


図6 フィブロイン多孔質シートとコットン不織布の色差の比較

Figure 6 Comparison of the color difference between the fibroin sponge sheet and the nonwoven cotton fabric, compared to the skin color

図7にフェイスマスク形状に打ち抜いた多孔質シートを示す。トムソン刃を使用すれば任意の形状に加工することが容易であるので、多種多様な用途へ展開できる。



図7 フィブロイン多孔質シートから作製したフェイスマスク

Figure 7 Facemask made from the fibroin sponge sheet

5 今後の展開

創傷被覆材、止血材、薬剤徐放担体、再生医療用足場材料などの医療用途への応用

【参考文献】

- 1) 玉田靖: バイオベースポリマーとしてのシルク, BIO INDUSTRY, 24, 5-10(2007)
- 2) 例えば, 箕浦憲彦, 塚田益裕: 絹フィブロイン多孔質体, 特開平1-118544, 1987
- 3) 角直祐他4名: 第18回ポリマー材料フォーラム講演予稿集, 高分子学会, 2009, p.201.